

УДК 69.05:69.022

А. Є. Буяк

к.е.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3756-6687>

Кафедра транспорту і логістики

Західноукраїнський національний університет, вул. Львівська, 11, Тернопіль, Україна, 46009

А. О. Вітровий*

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2885-3745>

Кафедра транспорту і логістики

Західноукраїнський національний університет, вул. Львівська, 11, Тернопіль, Україна, 46009

П. В. Попович

д.т.н., професор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5516-852X>

Кафедра транспорту і логістики

Західноукраїнський національний університет, вул. Львівська, 11, Тернопіль, Україна, 46009

М. Я. Шпінталь

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9864-7050>

Кафедра комп'ютерних наук

Західноукраїнський національний університет, вул. Львівська, 11, Тернопіль, Україна, 46009

О. П. Захарчук

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4359-5644>

Кафедра транспорту і логістики

Західноукраїнський національний університет, вул. Львівська, 11, Тернопіль, Україна, 46009

М. В. Буряк

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5332-1498>

Кафедра транспорту і логістики

Західноукраїнський національний університет, вул. Львівська, 11, Тернопіль, Україна, 46009

*автор-кореспондент, e-mail: vitroviy_a@ukr.net

Підбір оптимальних параметрів базальтової фібри для підвищення міцності фібробетону

Цитувати як:

Буяк, А. Є., Вітровий, А. О., Попович, П. В., Шпінталь, М. Я., Захарчук, О. П., Буряк, М. В. (2025). Підбір оптимальних параметрів базальтової фібри для підвищення міцності фібробетону. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 24, 73-84. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-06](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-06)

© 2025, Буяк А. Є., Вітровий А. О., Попович П. В., Шпінталь М. Я., Захарчук О. П., Буряк М. В.

У статті досліджено вплив кількості та геометричних параметрів базальтової фібри на міцнісні характеристики фібробетону та визначено закономірності зміни його основних фізико-механічних властивостей. Метою роботи є встановлення оптимальної довжини волокон і їх об'ємного вмісту у бетонній матриці, що забезпечують підвищення показників міцності при стиску, розтязі та згині. Актуальність дослідження зумовлена потребою підвищення довговічності та тріщиностійкості бетонних конструкцій, особливо в умовах дії

змінних навантажень і агресивних середовищ, де традиційні матеріали не завжди забезпечують необхідну надійність.

У процесі дослідження використано портландцемент марки ПЦ І-500, кварцовий пісок і гранітний щебінь, а також базальтову фібру різної довжини (від 8 мм до 20 мм) у різному співвідношенні до маси цементу. Методика дослідження передбачала виготовлення та випробування серії зразків фібробетону, у яких змінювалися параметри фібри. Випробування проводилися відповідно до чинних стандартів із визначення міцності при стиску та згині. Для кожного складу визначали середні значення міцності, відхилення та коефіцієнт варіації, що дозволило оцінити стабільність отриманих результатів.

Експериментальні дані свідчать, що оптимальним є використання базальтових волокон довжиною 12 мм при вмісті волокон 7,0 % від маси цементу. Саме за цих параметрів спостерігається підвищення міцності на розтяг при згині – до 25 % порівняно з контрольними зразками без фібри. При перевищенні цього вмісту відзначається погіршення однорідності суміші та зниження міцності через злипання волокон. Отримані результати підтверджують доцільність використання базальтової фібри як ефективного армувального компонента у виробництві фібробетонних конструкцій підвищеної надійності та експлуатаційної довговічності. Запропоновані рекомендації можуть бути використані у проектуванні дорожніх покриттів, промислових підлог, тонкостінних панелей та інших конструкцій, що зазнають динамічних навантажень.

Ключові слова: фібробетон, базальтова фібра, оптимізація складу, міцність бетону, армування волокнами.

Вступ

Аналіз літературних джерел та постановка проблеми. Базальтоне волокно останніми роками розглядається як перспективний армувальний матеріал для виробництва фібробетону завдяки високій міцності на розтяг, хімічній інертності, термостійкості та екологічності [1-7]. Його використання дає змогу суттєво покращити тріщиностійкість, ударну в'язкість і довговічність бетону.

Ряд досліджень [1, 2 та ін.] показують, що введення базальтової фібри в об'ємі до 0,3 % підвищує міцність на розтяг і вигин у середньому на 15–30%. Разом із тим, перевищення оптимального вмісту волокон спричиняє погіршення оброблюваності суміші та зниження міцності через утворення мікропорожнин. Аналогічні результати відзначаються при надмірній довжині волокон, коли їх нерівномірний розподіл у матриці призводить до агломерації й неоднорідності структури.

Ефективність армування фіброю залежить передусім від довжини волокон, їхнього об'ємного вмісту та співвідношення довжини до діаметра (L/d). Оптимальні значення цих параметрів визначаються складом бетону, розміром заповнювачів і режимом тверднення. Більшість авторів сходяться на тому, що використання базальтової фібри

довжиною 12–24 мм при вмісті 0,15–0,3 % забезпечує збалансоване підвищення міцності на стиск і розтяг без суттєвої втрати пластичності.

Незважаючи на значний обсяг досліджень, єдиних рекомендацій щодо вибору оптимальних параметрів базальтової фібри не існує. Відомі результати суттєво різняться через відмінності у складі бетонної матриці, умовах приготування та випробувань.

Отже, актуальною науковою задачею є встановлення оптимального поєднання довжини, діаметра та об'ємного вмісту базальтової фібри, що забезпечує максимальне підвищення міцності та тріщиностійкості фібробетону при збереженні його технологічної рухливості та однорідності.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є встановлення оптимальних параметрів базальтової фібри – довжини, діаметра та об'ємного вмісту, які забезпечують максимальне підвищення міцності фібробетону при збереженні задовільних технологічних характеристик бетонної суміші.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі завдання дослідження:

1. Проаналізувати сучасні наукові джерела щодо впливу кількості та геометричних характеристик базальтових волокон на фізико-механічні властивості фібробетону.

2. Розробити програму експериментальних досліджень із варіюванням основних параметрів фібри (довжини, діаметра та об'ємного вмісту) у складі бетонної суміші.

3. Визначити експериментально міцнісні характеристики зразків фібробетону на стиск, розтяг при згині та осьовий розтяг для різних комбінацій параметрів базальтової фібри.

4. Оцінити вплив параметрів фібри на структуру, однорідність і тріщиностійкість фібробетону за результатами випробувань.

5. Встановити оптимальне співвідношення параметрів (довжина – діаметр – вміст) базальтової фібри, яке забезпечує найкраще поєднання міцності, тріщиностійкості та технологічних властивостей суміші.

6. Розробити рекомендації щодо практичного використання базальтової фібри у складі бетонів конструкційного призначення.

Матеріали та методи

Методикою досліджень передбачено використання портландцементу марки ПЦ І-500, природнього кварцового піску фракції 0,16-2,5 мм, щебню із граніту фракції 5-10 мм та води питної якості. Як дисперсне армування застосовували базальтову фібру різної довжини (8, 12, 16 та 20 мм) і масової частки (3 %, 5 %, 7 %, 9 % та 10 % від маси цементу). Фібру вводили в суху суміш перед додаванням води замішування.

Приготування бетонних сумішей здійснювалося в лабораторному змішувачі примусової дії. Для забезпечення

однорідного розподілу волокон суміш перемішували в три етапи: спочатку сухі компоненти, потім суха суміш із фіброю, після чого додавалася необхідна кількість води. Консистенцію бетонної суміші контролювали за осадкою конуса відповідно до вимог державних стандартів [8].

Зразки-балки розміром $100 \times 100 \times 400$ мм виготовляли методом ущільнення на вібраційному столі. Твердження проводили в нормальних умовах при температурі (20 ± 2) °C і відносній вологості 95 % протягом 28 діб. Міцність при стиску визначали на кубках $100 \times 100 \times 100$ мм, а міцність на розтяг при згині — на балках згідно з вимогами стандарту [9].

Результати обробляли статистично, визначаючи середні значення та коефіцієнт варіації для кожної серії зразків. Оптимальні параметри базальтової фібри встановлювали шляхом порівняння показників міцності та тріщиностійкості фібробетону залежно від довжини та концентрації волокон.

Результати та обговорення

Для вивчення характеру взаємодії базальтового волокна та цементно-піщаної суміші в ранні терміни твердіння базальтофібробетону (БФБ) проаналізуємо суміш з додаванням пришвидшувача твердіння бетону Betodur A1. При дослідженні змінними параметрами були параметри, які впливали на властивості бетону: водоцементне відношення, частка базальтового волокна у суміші та його довжина.

Незмінними параметрами залишались співвідношення цемент/пісок та витрата добавки для пришвидшення твердіння бетону Betodur A1.

Результати сучасних наукових досліджень [10-12] показують, що міцність БФБ визначається міцністю волокон та величиною їх анкерування, тобто безпосередньо залежить від довжини волокон. Отже, для підвищення ефективності використання базальтового волокна, потрібно визначити її оптимальну довжину.

Звичайно ж, визначити оптимальну довжину волокон можна розрахунковим способом, якщо знати силу зчеплення волокон з піщано-цементною матрицею та міцність волокон на розтяг. Враховуючи відсутність даних про силу зчеплення базальтового волокна з матрицею різного складу, теоретичний розрахунок буде доволі неточним [13]. Тому нами прийнято рішення застосувати шлях дослідного визначення оптимальної довжини базальтового волокна та визначення його впливу на міцність бетону. Для цього до складу бетонної суміші додавали базальтові волокна довжиною 8, 12, 16 та 20 мм. та порівнювали її фізико-механічні характеристики із сумішшю без базальтових волокон. Для всіх сумішей співвідношення Ц/П, витрата добавок, відсоток волокон та рухомість сумішей прийняті однаковими.

Таблиця 1. Витрата матеріалів на 1 м³ базальтофібробетонної суміші

Склад	Цемент, кг	Пісок, кг	Добавка Betodur A1, кг.	Базальтові волокна, кг	В/Ц
А. Без волокон, без добавок	702	1404	-	-	0,39
Б. З волокнами, без добавок	661	1439	-	31,2	0,32
В. Без волокон, з добавками	624	1352	9,9	-	0,49
Г. З волокнами, з добавками	610	1217	9,15	30,5	0,38

Результати та аналіз впливу довжини волокон на зміну технологічних властивостей сумішей та основні фізико-технічні характеристики базальтофібробетонів показано в таблицях 2 і 3.

Таблиця 2. Вплив довжини волокна на фізико-технічні властивості базальтофібробетонів

Склад	Довжина волокна, мм.	В/Ц	Питома вага	R _{ар1} , МПа	R _{ар7} , МПа	R _{ар28} , МПа	R _{ст1} , МПа	R _{ст7} , МПа	R _{ст28} , МПа	R _{ар1} /R _{ар28} , %	R _{ст1} /R _{ст28} , %	R _{ар28} /R _{ст28} , %
А	-	0,39	2220	1,4	3,7	4,4	5,3	26,5	40	31,8	13,3	11
Б	8	0,51	2115	3,7	6,3	7,6	6,4	24,4	31,8	53,1	20,1	23,9
Б	12	0,51	2111	3,2	6,4	7,7	5,7	25,0	32,9	41,6	17,3	23,4
Б	16	0,51	2110	2,8	6,4	7,8	5,3	24,6	33,7	35,9	15,7	23,1
Б	20	0,5	2107	2,4	6,3	7,6	5,1	24,4	35,2	31,6	14,5	21,6
В	-	0,31	2251	3,3	6,2	7,2	15,5	48,3	65,1	45,8	23,8	11
Г	8	0,38	2177	5,5	9,6	12,1	15,5	41,2	54,7	45,4	10,1	22,1
Г	12	0,38	2181	5,2	9,7	11,8	14,8	40,7	54,8	44,1	8,8	21,5
Г	16	0,38	2180	4,7	9,9	12,7	14,5	40,3	55,5	37	8,1	22,9
Г	20	0,38	2173	4,2	9,5	12,2	14,3	39,5	53,8	34,4	8	22,7

Примітка: Наведені у таблиці значення показників отримано за даними випробувань в лабораторії ТОВ «Добробуд» (м. Тернопіль)

Аналіз результатів показав, що характер руйнування армованих базальтовим волокном зразків на відміну від неармованих, володіє пластичним характером руйнування, тоді як зразки без базальтового волокна руйнуються миттєво при досягненні руйнівного навантаження P_{max} . Характер руйнувань зразків базальтофібробетону з використанням волокон

різної довжини відмінний, тому для його оцінки фіксувався час від досягнення максимального навантаження до повного руйнування зразка. Застосування волокон довжиною 16 і 20 мм однаковою мірою збільшує період часу від максимального навантаження і появи першої тріщини до повного руйнування зразка у порівнянні з базальтофібробетоном з довжиною волокна 8 мм.

Таблиця 3. Зміна фізико-механічних властивостей базальтофібробетонів в залежності від довжини волокна

Склад	Довжина волокна, мм	Зміна $R_{зг}$, %			Зміна $R_{ст}^3$, %		
		1 доба	7 діб	28 діб	1 доба	7 діб	28 діб
А	-	-	-	-	-	-	-
Б	8	62,1	41,3	42,1	17	-7,9	-20,5
Б	12	56,2	42,2	42,9	7	-5,7	-17,8
Б	16	50	42,2	43,6	0	-7,9	-15,8
Б	20	41,7	41,3	42,9	-3,7	-7,2	-12
В	-	-	-	-	-	-	-
Г	8	40	35,4	40,5	0	-14,7	-20
Г	12	36,5	36,1	39	-4,5	-15,7	-15,8
Г	16	29,8	37,4	43,3	-6,5	-16,6	-14,7
Г	20	21,4	34,7	41	-7,7	-18,2	-17,4

Примітка: Наведені у таблиці значення показників отримано за даними випробувань в лабораторії ТОВ «Добробуд» (м. Тернопіль)

Використання волокон довжиною 20 мм ускладнює процес змішування компонентів, оскільки виникають грудки з неперемішаних пучків волокон, вимагаючи додаткового часу на перемішування, додаткової кількості води. В процесі тривалого перемішування волокна можуть частково руйнуватись, внаслідок чого їх довжина може зменшуватись, і важко спрогнозувати фізико-механічні характеристики даних сумішей.

При використанні базальтових волокон довжиною 16 та 12 мм, отримуємо більш технологічні суміші без грудок та зруйнованих волокон.

Порівнюючи результати міцності на згин базальтофібробетонів відносно контрольних складів (без волокон), можна відзначити, що з часом для складу В характерне зниження приросту міцності, а для складу Г – навпаки, зростання.

Використання базальтових волокон у вибраному діапазоні довжин практично не впливає на зміну міцності на стиск – базальтофібробетони мають міцність нижчу від своїх контрольних складів.

Нами встановлена оптимальна довжина волокна 12-16 мм, при якій отримано високі фізико-технічні властивості для даної технології перемішування.

Надалі дослідним шляхом визначаємо оптимальну кількість фіброволокон у складі. Для випробовувань виготовлено партію зразків складу Г, в якому змінювали вміст базальтових волокон від 3 % до 10 % від маси цементу. Для всіх зразків В/Ц однакове і дорівнює 0,5, однакові витрати цементу, однакова довжина базальтового фіброволокна (14-15 мм). Вплив частки фіброволокна на міцність бетону на згин та стиск відображено в таблиці 4.

Таблиця 4. Вплив довжини волокон на технологічні та фізико-технічні властивості базальтофібробетонів

№ складу	В/Ц	Частка б.в., %	Питома вага	$R_{зг1}$, МПа	$R_{зг7}$, МПа	$R_{зг28}$, МПа	$R_{ст1}$, МПа	$R_{ст7}$, МПа	$R_{ст28}$, МПа	$R_{зг1}/R_{зг28}$, %	$R_{ст1}/R_{ст28}$, %	$R_{зг28}/R_{ст28}$, %
В	0,3	-	2251	3,3	6,2	7,2	15,5	48,3	65,1	45,8	23,8	11
Д	0,5	3	2205	3,9	6,7	8,0	12,7	43,3	53,2	48,8	23,9	15
Е	0,5	5	2159	4,56	7,8	9,1	11,7	40,7	49,9	50,1	23,4	18,2
Є	0,5	7	2111	4,7	9,6	11,5	11,0	37,2	47	46,5	23,4	21,4
Ж	0,5	9	2067	4,6	9,44	11,4	10,4	35,8	43,3	40,4	24,0	26,3
З	0,5	10	2002	4,43	9,38	10,7	9,8	31,4	39,6	41,4	24,7	25,3
Примітка: Наведені у таблиці значення показників отримано за даними випробувань в лабораторії ТОВ «Добробуд» (м. Тернопіль)												

При збільшенні частки базальтового фіброволокна з 3 % до 7 %, міцність фібробетону на стиск зростає, проте при подальшому збільшенні його частки понад 7 % від маси в'язучого, спостерігаємо спад міцності. Максимальною міцністю на згин характеризується БФБ з вмістом волокон 7% (таблиця 5).

Збільшення вмісту волокон понад 7 % утруднює його якісне змішування та потребує додаткової кількості води, відповідно додаткової кількості цементу для забезпечення необхідної змочуваності волокна цементним молоком.

Таблиця 5. Зміна фізико-механічних властивостей базальтофібробетонів в залежності від довжини волокна

№ складу	Зміна питомої ваги, %	Зміна R_{32} , %			Зміна R_{cm} , %		
		1 доба	7 діб	28 діб	1 доба	7 діб	28 діб
В	-	-	-	-	-	-	-
Д	-2,04	18,2	8,1	11,1	-18,1	-10,4	-18,3
Е	-4,79	38,2	25,8	26,4	-24,5	-15,7	-23,3
Є	-6,22	42,4	54,8	59,2	-29	-23,0	-27,8
Ж	-8,17	39,4	52,2	58,3	-32,9	-51,8	-33,5
З	-11,06	34,2	51,1	48,6	-36,7	-35,0	-39,2

Примітка: Наведені у таблиці значення показників отримано за даними випробувань в лабораторії ТОВ «Добробуд» (м. Тернопіль)

При зростанні вмісту волокна в досліджуваному діапазоні міцність на стиск понижується до 39 %, яке викликане зростанням частки повітря в суміші (питома вага зменшується на 11,06 %).

Висновки

Проведений аналіз наукових джерел засвідчив, що базальтова фібра є ефективним армувальним компонентом для цементних композицій, який забезпечує підвищення міцності, тріщиностійкості та довговічності бетону завдяки високій адгезії волокон до цементного каменю та їхній стійкості до лужного середовища.

Експериментальні дослідження показали, що вплив базальтової фібри на міцнісні характеристики фібробетону суттєво залежить від довжини, діаметра та об'ємного вмісту волокон. Надмірна кількість фібри призводить до зниження рухливості суміші та нерівномірного розподілу волокон, що негативно впливає на структуру бетону.

Оптимальним для отримання максимальної міцності при стиску та згині визначено вміст базальтової фібри в межах 7 % від маси цементу при довжині волокон 12–18 мм і діаметрі 16–20 мкм. За цих параметрів відзначено приріст міцності при згині – до 50 % у порівнянні з контрольними зразками без фібри.

Встановлено, що застосування базальтової фібри сприяє зменшенню кількості та розмірів мікротріщин, забезпечує більш рівномірний розподіл напружень у бетоні та підвищує енергоємність руйнування матеріалу.

Для дрібнозернистих бетонів без крупного заповнювача рекомендовано застосовувати склади з вмістом цементу 400-430 кг/м³, водоцементним відношенням 0,45-0,50 та піском фракції 0-5 мм у кількості ≈1750-1800 кг/м³. Такі склади забезпечують добру технологічність і рівномірний розподіл базальтової фібри.

Результати дослідження можуть бути використані для розроблення технологічних рекомендацій з виробництва та застосування базальтового фібробетону у конструкціях підвищеної тріщиностійкості та довговічності, особливо в елементах, що зазнають динамічних або повторних навантажень.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що у них немає конфлікту інтересів щодо поточного дослідження, включаючи фінансовий, особистий, авторський чи будь-який інший, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, наведені в цьому документі.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті статті.

Використання штучного інтелекту

Автори підтверджують, що при створенні поточної роботи вони не використовували технології штучного інтелекту.

References

1. Al-Kharabsheh, B. N., Arbili, M. M., Majdi, A., Alogla, S. M., Hakamy, A., Ahmad, J., & Deifalla, A. F. Basalt fiber reinforced concrete: A comprehensive review on durability aspects. *Materials*, 2023, 16, 429. <https://doi.org/10.3390/ma16010429>.
2. Solomonyuk, N. S., Копііка, S. V., Dovzhenko, O. S., Serheieva, Ye. Ye. Glass and basalt fiber concrete for floating docks and other sea structures. In Proceedings of the 12th International Scientific and Technical Conference "Innovations in Shipbuilding and Ocean Engineering". Mykolaiv, 2023. 145–150.
3. Zhao C., Zhu Z., Guo Q., Zhan Y., Zhao R. Research on fiber reinforced concrete and its performance prediction method and mix design method. *Construction and Building Materials*, 2023, 365, 130033. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130033>.
4. Vorokhaiev A., Barabash I., Ksonshkevych L., Kos Z., Grynyova I. Fine-grained Fiber Concrete on Mechanoactivated Portlandement. *Croatian Regional Development Journal*, 2021, 2(1), 47-56. URL: <https://hrcak.srce.hr/file/380640>
5. Zhou H., Jia B., Huang H., Mou Y. Experimental study on basic mechanical properties of basalt fiber reinforced concrete. *Materials*. 2020, 13(6), 1362; <https://doi.org/10.3390/ma13061362>.
6. Chen C., Ding Y., Wang X., Bao L. Recent advances to engineer tough basalt fiber reinforced composites: A review. *Polym Compos.*, 2024, 45(14), 12559-12574. <https://doi.org/10.1002/pc.28711>.
7. Ksonshkevych L. M., Barabash I. V., Krantovska O. M., Synii S. V., Sunak P. O. Disperse reinforced concrete with polycarboxylate addition on a mechanically activated binder. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2019, 708, 1, 012092. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/708/1/012092>.

8. DSTU B V.2.7-114-2002. Budivelni materialy. Sumishi betonni. Metody viprobuvan. Kyiv, 2002.
9. DSTU B V.2.7-187:2009. Building materials. Cements. Methods of determination of bending and compression strength. Kyiv, 2010.
10. Doroshenko, O. Development of the principles of basalt fiber modification with the purpose of increasing the efficiency of its application in transport construction. *Transport Systems and Technologies*, 2022, (40), 14–22. <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-40-2>.
11. Doroshenko, A. Studying the properties of fine-grained cement concrete using plasticizers and basalt fiber. *Collection of Scientific Papers of the Ukrainian State University of Railway Transport*, 2023, 206, 72–82. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.206.2023.296773>.
12. Kroviakov S.O., Shestakova L.E. The influence of basalt fiber and superplasticizer on the strength of concrete for rigid pavements. *Modern construction and architecture*, 2023, 6, 99-108. <https://doi.org/10.31650/2786-6696-2023-6-99-108>.
13. Wu, H., Qin, X., Huang, X., & Kaewunruen, S. Engineering, mechanical and dynamic properties of basalt fiber reinforced concrete. *Materials*, 2023, 16(2), 623; <https://doi.org/10.3390/ma16020623>.

Література

1. Al-Kharabsheh, B. N., Arbili, M. M., Majdi, A., Alogla, S. M., Hakamy, A., Ahmad, J., & Deifalla, A. F. Basalt fiber reinforced concrete: A comprehensive review on durability aspects. *Materials*, 2023, 16, 429. <https://doi.org/10.3390/ma16010429>.
2. Соломонюк Н. С., Копійка С. В., Довженко О. С., Сергєєва Є. Є. Glass and basalt fiber concrete for floating docks and other sea structures. Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». Миколаїв, 2023. 145–150.
3. Zhao C., Zhu Z., Guo Q., Zhan Y., Zhao R. Research on fiber reinforced concrete and its performance prediction method and mix design method. *Construction and Building Materials*, 2023, 365, 130033. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130033>.
4. Vorokhaiev A., Barabash I., Ksonshkevych L., Kos Z., Gryniovya I. Fine-grained Fiber Concrete on Mechanoactivated Portlandcement. *Croatian Regional Development Journal*, 2021, 2(1), 47-56. URL: <https://hrcak.srce.hr/file/380640>
5. Zhou H., Jia B., Huang H., Mou Y. Experimental study on basic mechanical properties of basalt fiber reinforced concrete. *Materials*. 2020, 13(6), 1362; <https://doi.org/10.3390/ma13061362>.
6. Chen C., Ding Y., Wang X., Bao L. Recent advances to engineer tough basalt fiber reinforced composites: A review. *Polym Compos.*, 2024, 45(14), 12559-12574. <https://doi.org/10.1002/pc.28711>.
7. Ksonshkevych L. M., Barabash I. V., Krantovska O. M., Synii S. V., Sunak P.O. Disperse reinforced concrete with polycarboxylate addition on a mechanically activated binder. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2019, 708, 1, 012092. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/708/1/012092>.
8. ДСТУ Б В.2.7-114-2002. Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Методи випробувань. Київ, 2002.
9. ДСТУ Б В.2.7-187:2009. Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск. Київ, 2010.

10. Doroshenko, O. Розробка принципів модифікації базальтового волокна з метою підвищення його ефективності. *Транспортні системи і технології*, 2022, (40), 14–22. <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-40-2>.

11. Дорошенко А. Вивчення властивостей дрібнозернистих цементобетонів із використанням пластифікаторів і базальтового волокна. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*, 2023, 206, 72–82. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.206.2023.296773>.

12. Кровяков С. О., Шестакова Л. Є. Вплив базальтової фібри і суперпластифікатору на міцність бетонів жорстких дорожніх покриттів. *Modern construction and architecture*, 2023, 6, 99-108. <https://doi.org/10.31650/2786-6696-2023-6-99-108>.

13. Wu, H., Qin, X., Huang, X., & Kaewunruen, S. Engineering, mechanical and dynamic properties of basalt fiber reinforced concrete. *Materials*, 2023, 16(2), 623; <https://doi.org/10.3390/ma16020623>.

Відомості про статтю:	Article information:
Отримано 05.11.2025	Received 05.11.2025
Отримано у доопрацьованому вигляді 12.11.2025	Received in revised form 12.11.2025
Прийнято 24.11.2025	Accepted 24.11.2025
Опубліковано 25.12.2025	Published 25.12.2025

A. Y. Buyak

Ph.D. in Economy, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3756-6687>

Department transport and logistics

West Ukrainian National University, Lvivska St., 11, Ternopil, Ukraine, 46009

A. O. Vitrovyi*

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2885-3745>

Department transport and logistics

West Ukrainian National University, Lvivska St., 11, Ternopil, Ukraine, 46009

P. V. Popovich

D.Sc. in Engineering, Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5516-852X>

Department transport and logistics

West Ukrainian National University, Lvivska St., 11, Ternopil, Ukraine, 46009

M. Y. Shpintal

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9864-7050>

Department computer science

West Ukrainian National University, Lvivska St., 11, Ternopil, Ukraine, 46009

O. P. Zakharchuk

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4359-5644>

Department transport and logistics

West Ukrainian National University, Lvivska St., 11, Ternopil, Ukraine, 46009

M. V. Buriak

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5332-1498>

Department transport and logistics

West Ukrainian National University, Lvivska St., 11, Ternopil, Ukraine, 46009

*corresponding author, e-mail: vetroviy_a@ukr.net

Selection of optimal parameters of basalt fiber for increasing the strength of fiber-reinforced concrete

How to Cite:

Buyak, A. Y., Vitrovyi, A. O., Popovich, P. V., Shpintal M. Y., Zakharchuk O. P., Buriak M. V. (2025). Selection of optimal parameters of basalt fiber for increasing the strength of fiber-reinforced concrete. *Modern technologies and methods of calculations in construction*, 24, 73-84. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-06](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-06)

Abstract. The article investigates the influence of the number and geometric parameters of basalt fibers on the strength characteristics of fiber-reinforced concrete and determines the patterns of changes in its main physical and mechanical properties. The aim of the work is to establish the optimal length of fibers and their volume content in the concrete matrix, which provide increased compressive, tensile and flexural strength. The relevance of the study is due to the need to increase the durability and crack resistance of concrete structures, especially under conditions of variable loads and aggressive environments, where traditional materials do not always provide the necessary reliability.

In the research process, Portland cement of the PC I-500 brand, quartz sand and granite rubble, as well as basalt fibers of various lengths (from 8 mm to 20 mm) in different ratios to the mass of cement were used. The research methodology involved the manufacture and testing of series of fiber-reinforced concrete samples in which the fiber parameters changed. The tests were carried out in accordance with current standards for determining compressive and flexural strength. For each composition, the average strength values, deviations and coefficient of variation were determined, which allowed us to assess the stability of the obtained results.

Experimental data show that the optimal use of basalt fibers with a length of 12 mm at a fiber content of 7.0% of the cement mass is optimal. It is with these parameters that an increase in tensile strength when bending is observed - up to 25% compared to control samples without fiber. When this content is exceeded, a deterioration in the homogeneity of the mixture and a decrease in strength due to fiber sticking are noted. The results obtained confirm the feasibility of using basalt fiber as an effective reinforcing component in the production of fiber-reinforced concrete structures of increased reliability and operational durability. The proposed recommendations can be used in the design of road surfaces, industrial floors, thin-walled panels and other structures subjected to dynamic loads.

Keywords: fiber-reinforced concrete, basalt fiber, mix optimization, concrete strength, fiber reinforcement.